XXI.

Das Myochronoskop.

Von

Professor **Joh. Czermak** in Prag [1]).

Mit dem Namen „Myochronoskop“ will ich einen Apparat bezeichnen, welchen ich ersonnen habe, um *verschwindend kleine Zeitintervalle,* zwischen zwei rasch auf einander folgenden Muskelzuckungen, so wie die *Reihenfolge,* in welcher die Muskeln zucken, sicher und sehr augenfällig wahrnehmbar zu machen.

Ich hatte dabei zunächst nur eine *Demonstration* der von Helmholtz gemessenen endlichen Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung vor einem grösseren akademischen Auditorium im Sinne, für welche sich die Helmholtz'schen Apparate bekanntlich nicht recht eignen; doch kann das Myochronoskop und das Princip, auf dem es beruht, offenbar noch zu vielen anderen demonstrativen Zwecken benützt werden [2]), und es empfiehlt sich deshalb jedem Lehrer der Experimental-Physiologie.

---

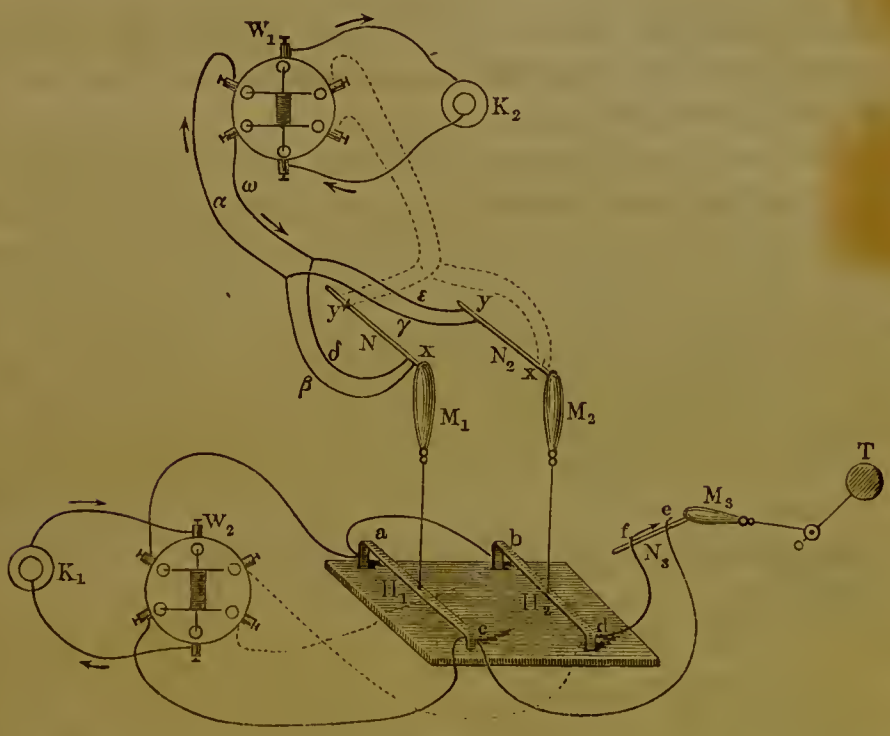
[1]) Aus den Sitzungsberichten der Wiener Akademie der Wissenschaften, vom Hrn. Verfasser mitgetheilt.

[2]) So z. B. zur Demonstration der von Bezold nachgewiesenen Veränderungen der Nervenleitungsgeschwindigkeit im Elektrotonus — sowohl hinsichtlich der zeitlichen Verhältnisse der Uebertragung von Querschnitt zu Querschnitt als hinsichtlich der Probe auf die Pflüger'sche Theorie der elektrischen Reizung und das Zuckungsgesetz, u. dgl.

Um die zu demonstrirenden Erscheinungen weithin sichtbar zu machen, bediente ich mich des elektrischen Stromes und seiner Wirkung auf den sogenannten Muskeltelegraphen von Du Bois.

Zur Erläuterung des Princips meiner Vorrichtung dient der beigedruckte Holzschnitt Fig. 1.

Fig. 1.



M_1 M_2 sind die beiden vermittelst der Oberschenkelknochen in Klemmen befestigten Wadenmuskeln eines und desselben Frosches mit ihren möglichst lang erhaltenen Nerven N_1 N_2; an der Sehne jedes Muskels hängt ein einarmiger metallener Hebel H_1 H_2. Diese Hebel stehen mit ihren Achsenlagern a und b, und mit den Punkten c und d in leitendem Contact und sind somit integrirende Bestandtheile der verzweigten Leitung für den Strom der Säule K_1, welchen ich fortan den chronoskopischen nennen will. Zwischen die Punkte e und f dieser Leitung ist der Nerv N_3 des mit dem Du Bois'schen Telegraphenfähnchen T verbundenen stromprüfenden Froschmuskels M_3 eingeschaltet. Der Hebel H_1 bildet, solange der Contact bei c be-

steht, eine gut leitende Nebenschliessung für die übrige grosse Widerstände [1]) darbietende Leitung *(a, b, d, f, e, c)*, so dass durch diese letztere nur ein völlig wirkungsloser Minimalzweigstrom geht, welcher jedoch sofort mächtig anschwillt und den Muskeltelegraphen M_3 T in Bewegung setzt, wenn der Contact bei c durch Hebung des Hebels H_1 unterbrochen wird, während der Contact bei d noch fortbesteht.

Ist dagegen der Contact bei d durch Hebung des Hebels H_2 gleichzeitig oder früher als jener bei c unterbrochen worden, so bleibt das Muskeltelegraphensignal aus.

Die Hebung und Senkung der Hebel, die Unterbrechung und Wiederherstellung der Contacte bei c und d wird durch die Zuckungen der Wadenmuskeln bewerkstelligt, und es ist nun leicht ersichtlich, auf welche Weise mein Apparat anzeigt, ob die beiden Wadenmuskeln gleichzeitig oder ungleichzeitig gezuckt haben, und in letzterem Falle, welcher von ihnen früher, welcher später gezuckt hat.

a) Giebt der Muskeltelegraph bei der Unterbrechung der Contacte bei c und d ein Signal, welches bei der Wiederherstellung der Contacte ausbleibt, so hat sich der Muskel M_1 merklich früher zusammengezogen und früher (oder gleichzeitig) seine ursprüngliche Länge wieder erreicht als der Muskel M_2.

b) Tritt bei der Unterbrechung der Contacte in c und d kein Signal des Muskeltelegraphen ein, erscheint es jedoch bei der Wiederherstellung der Contacte, so hat sich der Muskel M_2 jedenfalls früher verlängert, und früher (oder gleichzeitig) zusammengezogen als der Muskel M_1.

c) Kommt endlich weder bei der Oeffnung noch bei der Schliessung der Contacte in c und d ein Signal zu Stande, so haben beide Muskeln entweder ganz gleichzeitig gezuckt, oder M_2 hat sich früher zusammengezogen als M_1, M_1 früher wieder verlängert als M_2.

Da es uns vorläufig nicht darauf ankam, den zeitlichen Verlauf

---

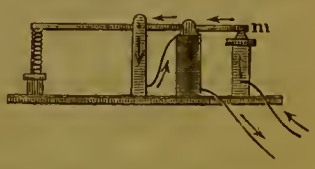
[1]) Diese Widerstände schaltet man am besten in die Leitung zwischen die Achsenlager a und b ein.

der ganzen Zuckung der beiden Muskeln mit einander zu vergleichen, sondern lediglich darauf, die Zeitdifferenz sichtbar zu machen, welche zwischen dem *Beginne* der Zusammenziehungen als eine unmittelbare Folge der *endlichen Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung* eintreten soll, so wurden folgende Anordnungen getroffen.

Erstlich habe ich dafür gesorgt, dass *ausschliesslich* der Erfolg der Unterbrechungen der Contacte bei *c* und *d*, welche mit dem Beginne der Zuckungen zusammenfallen, in Erscheinung treten kann. Die Leitung des chronoskopischen Stromes wurde nämlich immer schon früher *bleibend* unterbrochen, ehe sich die Contacte durch die Verlängerung der Muskeln wieder herstellen konnten.

Die Anwendung des bekannten sinnreichen Helmholtz'schen Verfahrens mit dem Quecksilbertropfen erschien mir etwas umständlich. Ich kam dafür auf den einfachen Gedanken ein empfindliches Telegraphenrelais in die Hauptleitung des chronoskopischen Stromes auf eine solche Art einzuschalten, dass, wenn der Anker auf den Eisenkern niedergedrückt wird, sich bei *m*, Fig. 2, der Contact herstellt und der Strom durch den Hebel in die Drahtrolle des Elektromagneten geht. Der Anker haftet dann fest und die Leitung bleibt so lange geschlossen als der Strom kreist. Wird der Strom an irgend einer Stelle seiner Leitung (in unserem Falle erst nach Aufhebung der Contacte an den beiden Punkten *c* und *d*) unterbrochen, so springt der Anker ab, der Contact bei *m* wird aufgehoben, und die Leitung bleibt so lange unterbrochen, als man den Anker nicht selbst wieder herabdrückt.

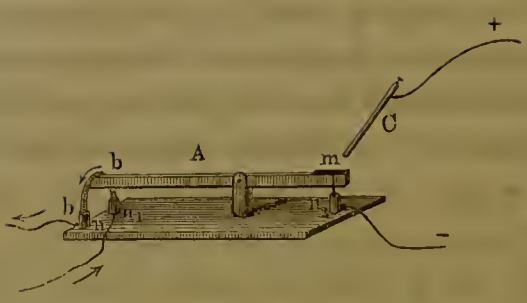
Fig. 2.



Bei der feinen Einstellbarkeit des Relais hat man es ganz in seiner Gewalt zu bewirken, dass der Anker weder zu früh noch zu spät abspringt.

Da aber nicht jedem Experimentator das kostspielige Relais zu Gebote steht, so war ich darauf bedacht, dasselbe durch eine Art Schlüssel zu ersetzen, den man nicht leicht selbst herstellen kann. Derselbe ist eine Modification der bekannten Helmholtz'schen Wippe. Der horizontale, leicht in seinen Achsenlagern drehbare Balken

Fig. 3.



A, Fig. 3, trägt an seinem längeren Ende einen Bügel von Kupferdraht *b b*, dessen Spitzen in zwei Quecksilbernäpfchen $n n_1$ tauchen und die Leitung des chronoskopischen Stromes schliessen; an seinem kürzerem Ende befindet sich eine Metallplatte *m*, welche sich in einen Stift fortsetzt, der eine immerwährende leitende Verbindung mit dem Quecksilbernäpfchen n_2 unterhält. Wird nun das Contactstäbchen *C* kräftig auf die Platte *m* niedergestossen, so wird die Leitung des die Nerven reizenden Stromes geschlossen; das kürzere Balkenende senkt, das längere hebt sich und die Leitung des chronoskopischen Stromes wird durch das Herausreissen des Bügels *b b* aus den Näpfchen $n n_1$ merklich *später* geöffnet als die beiden Muskeln zucken. Je nachdem man nun langsamer oder rascher den Balken *A* durch das Aufsetzen des Contactstäbchens aus der Gleichgewichtslage bringt, während der Bügel tiefer oder seichter in die Näpfchen $n n_1$ getaucht war, tritt die Unterbrechung des chronoskopischen Stromes später oder früher nach der Zuckung der beiden Muskeln ein. Man hat es natürlich so anzuordnen, dass der Bügel immer schon aus den Näpfchen herausgerissen ist, ehe sich durch die Verlängerung der erschlaffenden Muskeln die Contacte bei *c* und *d*, Fig. 1, wieder herstellen können.

Statt der Quecksilbernäpfchen kann man auch federnde Contactdrähte benützen, und ich habe mir auf diese Weise einen sogenannten Telegraphenschlüssel (neuerer Construction) zu dem in Rede stehenden Zwecke hergerichtet, dessen Handhabung bequemer ist als jene der Wippe mit dem Contactstäbchen.

Ferner traf ich, behufs der Demonstration der endlichen Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung vermittelst des Myochronoskops die Einrichtung, die beiden Nerven N_1 N_2 genau gleichzeitig durch einen und denselben elektrischen Reiz in Erregung zu versetzen, doch so, dass die erregte Stelle des einen Nerven mög-

lichst nahe am Muskel, jene des andern Nerven möglichst entfernt vom Muskel zu liegen kommt; damit die gesetzte Erregung in dem ersten Nerven eine kürzere, in dem zweiten eine längere Wegstrecke zu durchlaufen habe, bevor sie bis zum Muskel gelangen, und diesen zur Zuckung veranlassen kann; wodurch der Beginn der einen Muskelzuckung — alles übrige gleichgesetzt — gerade um so viel später erfolgen muss, als die Erregung Zeit braucht, um sich durch eine Nervenstrecke hindurch fortzupflanzen, welche der messbaren Differenz der beiden Innervationsbahnen an Länge gleichkommt.

Zu diesem Ende wird die Leitung für den „reizenden" Strom der Säule (oder secundären Inductionsspirale) K_2 folgendermassen verzweigt. Der Draht α spaltet sich in die Zweige β und γ, der Draht μ in die Zweige δ und ε, deren Enden, wie aus Fig. 1 ersichtlich, mit gleicher Spannweite an die Nerven angelegt sind. Der reizende Strom wird somit gleichzeitig und in derselben Richtung N_1 bei x (näher am Muskel), N_2, bei y (entfernter vom Muskel) erregen müssen. Eine zweite eben solche Leitung (in Fig. 1 durch punktirte Linien angedeutet) führt den reizenden Strom zu den Strecken x' und y', wenn der Bügel des Commutators W_1, aus welchem das Kreuz ausgenommen worden ist, umgelegt wird. Diese Einrichtung ermöglicht nach Belieben entweder in N_1 die dem Muskel nähere und in N_2 die vom Muskel entferntere Stelle, oder umgekehrt in N_2 die nähere und in N_1 die entferntere zu erregen.

Liegt nun die Wippe W_1 wie in Fig. 1, so wird N_1 bei x (näher am Muskel), N_2 bei y (entfernter vom Muskel) erregt; in Folge der endlichen Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung beginnt die Zuckung des Muskels M_1 früher, als die des Muskels M_2; der Contact bei c wird also früher unterbrochen als der bei d; und der chronoskopische Strom findet, ehe der Contact bei d durch die etwas später eintretende Zuckung des Muskels M_2 unterbrochen wird, Zeit genug, um am Muskeltelegraphen ein weithin sichtbares Signal auszulösen.

Beiläufig bemerkt, dauert der chronoskopische Strom genau so lang als der Contact d später als der Contact c aufgehoben wird, und

könnte daher auch zur *quantitativen* Bestimmung dieses Zeitintervalles (somit der Nervenleitungsgeschwindigkeit) benützt werden.

Um sich zu vergewissern, dass der den Voraussetzungen entsprechende Erfolg des Versuchs, den man einige Male wiederholen kann, wirklich nur von der Langsamkeit abhängt, mit welcher sich die Erregung in den Nerven fortpflanzt und nicht etwa bloss durch ein günstiges Zusammentreffen von zufälligen Umständen (wie verschiedene Energie der Präparate, ungleiche Innigkeit der Contacte, ungleiche Belastung und Spannung der Muskeln etc. etc.) bedingt sei, so wird die Wippe W_1 beim zweiten Versuch umgelegt, der reizende Strom bricht nun in die durch Punkte angedeutete Leitung, erregt N_1 bei y', also entfernter vom Muskel, N_2 bei x', also näher am Muskel. Dem entsprechend muss jetzt M_2 früher zucken als M_1 und der Contact d früher unterbrochen werden als der Contact c. Der chronoskopische Strom findet bei Oeffnung des Contactes c die Leitung zum Muskeltelegraphen bereits unterbrochen und das Signal muss ausbleiben.

Das Gelingen des zweiten Versuches, den man gleichfalls einige Mal wiederholen kann, macht den ersten bindend, *indem an den Bedingungen desselben gar nichts geändert wurde,* als die Lage der erregten Stellen an den Nerven durch Umlegen der Wippe W_1 — und die dem ersten Versuch etwa günstigen zufälligen Nebenumstände den zweiten Versuch unbedingt vereiteln müssten.

Das Ausbleiben des Muskeltelegraphensignals im zweiten Versuch controlirt das Gelingen des ersten Versuchs und macht denselben *streng beweisend;* dieses Ausbleiben würde aber auch dann zu Stande kommen können, wenn die Contacte bei c und d unter den obwaltenden Bedingungen des zweiten Versuchs *gleichzeitig* unterbrochen würden.

Wollte man schliesslich auch noch zeigen — was aber für unsern Zweck überflüssig ist — dass das Ausbleiben des Signals im zweiten Versuch davon herrührt, dass der Contact bei d früher aufgehoben wurde als der Contact bei c, so müsste man bei dem dritten Versuche, ohne sonst irgend etwas zu ändern, den Bügel eines Commutators W_2, aus welchem ebenfalls das Kreuz ausgenommen worden

ist, umlegen, wodurch der Hebel H_2 genau eben so zur gut leitenden Nebenschliessung für die Zweigbahn der Muskeltelegraphenleitung würde, wie es vor dem Umlegen des Bügels der Hebel H_1 war, indem jetzt der chronoskopische Strom den Commutator W_2 durch die zweite (punktirte) Leitung verlässt (siehe Fig. 1).

Demgemäss würde dann beim dritten Versuch wieder ein Muskeltelegraphensignal zu Stande kommen müssen, wenn das Ausbleiben des Signals beim zweiten Versuch wirklich dadurch bedingt war, dass der Contact bei *d* früher aufgehoben wurde als der Contact bei *c*.

Um jedoch die Demonstration der endlichen Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung vermittelst des Myochronoskops nicht ohne Noth zu compliciren, habe ich den Commutator W_2 und die zweite (punktirte) Leitung des chronoskopischen Stromes gar nicht erst in Anwendung gezogen.

Von der speciellen mechanischen Einrichtung meines Apparates erwähne ich nur Folgendes.

Die Aufhängung der beiden Wadenmuskeln geschieht, wie beim Pflüger'schen Myographium durch die Befestigung der mit denselben im natürlichen Zusammenhange belassenen Oberschenkelknochen in Klemmen, welche an Messingsäulchen in beliebiger Höhe und genau über die Mitte der Hebel festgestellt werden können.

Die beiden Hebel sind dem Unterbrecher des Ruhmkorff'schen Inductionsapparates nachgebildet, ihr hinteres Ende ruht auf der Kante eines Prismas, während ihr vorderes mit einem Platinplättchen bekleidetes Ende mit dem Platinknöpfchen einer verstellbaren Schraube in Contact steht. Diese Contactschrauben dienen zur Regulirung der Berührungen, besonders wenn sich die Muskeln in Folge längerer Belastung und Thätigkeit ungleichmässig gedehnt haben.

Zur Befestigung des Muskels an den Hebel dient eine in der Mitte des letzteren angebrachte Klemme, in welche das Ende der Sehne selbst oder ein vermittelst eines Häkchens befestigter Faden oder (übersponnener) Draht eingespannt wird.

Diese letztere äusserst bequeme Einrichtung, welche noch den bedeutenden Vortheil bietet, dass man die Muskeln *vor* dem Einklemmen durch ein dem Hebel genau gleichgrosses, nachher zu entfer-

nendes Gewicht, in dem eben erforderlichen Grade spannen und dehnen kann, habe ich auf den Rath meines Freundes Professor Pierre adoptirt.

Die Nerven ruhen auf einer Glasplatte, die mit Bohrungen versehen ist, durch welche die Platinelektroden der Leitung des reizenden Stromes an den entsprechenden Stellen an die Nerven herantreten.

Ein Glaskästchen, in welchem ein feuchter Schwamm hängt, deckt das Ganze.

Hr. Mechanikus W. Grund in Prag verfertigt das Myochronoskop genau nach meiner Angabe in correcter und vortrefflicher Art, um den sehr billigen Preis von 40 fl. ö. W.

Eine Demonstration der endlichen Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung vermittelst des Myochronoskops habe ich zum ersten Male am 15. Mai, dann am 26. und 27. Juni l. J. im hiesigen physikalischen Universitätslaboratorium, dessen Benützung mir von Hrn. Prof. Pierre in collegialster Weise gestattet wurde, versucht.

Die zum Versuch verwendeten Frösche waren frisch eingefangen und sehr reizbar.

Die Differenz der beiden myopolaren Nervenstrecken betrug das erste Mal nur 22 Millim. (was einem Zeitintervalle von etwa 0,0008 Secunden entspricht, die Nervenleitungsgeschwindigkeit zu 64,4 Millim. in der Secunde angenommen), das letzte Mal hingegen an 40 Millim.

Die Spannweite der Platinelektrodenpaare betrug je 3,5 Millim. Die Reizung wurde immer durch Schliessung eines sehr schwachen nur Schliessungszuckung auslösenden, im Nerven absteigend gerichteten Kettenstromes bewerkstelligt.

In der Leitung des chronoskopischen Stromes, welcher durch ein Reochord adgestuft werden konnte, zwischen den Punkten *a* und *b*, Fig. 1, wurde ein bedeutender Widerstand in Form einer langen, dünnen, mit Kupfervitriollösung gefüllten Glasrröhre eingeschaltet, um den Zweigstrom in der Leitung zum Muskeltelegraphen bei vorhandener Nebenschliessung durch den Hebel H_1 zur völligen Wirkungslosigkeit abzuschwächen.

Der Erfolg der fast eine Stunde lang fortgesetzten Versuche war bei der Subtilität des Gegenstandes ein so überraschend günstiger,

dass ich mich schon früher zu einer vorläufigen Veröffentlichung (Allg. med. Centralzeitung, 5. Juni 1861) bestimmt fühlte, um das Myochronoskop, als einen sehr präcis arbeitenden Apparat allen Experimentalphysiologen, welche in didactischer Beziehung auf Demonstrationen *ad oculos* einiges Gewicht legen, bestens zu empfehlen. Kein geübter Experimentator wird sich wohl vergebens bemühen, die zum Gelingen der beschriebenen Versuche nöthigen Bedingungen möglichst günstig herzustellen.

Nachschrift vom 29. Juni 1861.

Beiläufig erlaube ich mir noch eines überaus zierlichen, meines Wissens nirgends beschriebenen Versuches Erwähnung zu thun, welchen ich schon vor einigen Jahren in meinen Vorlesungen zu zeigen pflegte, zu dessen Anstellung sich aber das Myochronoskop besser eignet als jene primitive Anordnung, die ich früher brauchte.

Damals hielt ich nämlich einfach mit der einen Hand den Fuss eines stromprüfenden Froschschenkels, mit der andern das Ende des Nerven in der Art über zwei theilweise auf einander liegende Kupfer- und Zinkplatten, dass der Nerv, nachdem er Kupfer und Zink berührt hatte — durch die Zuckung des Schenkels aus seiner Lage geschnellt, erst in Folge der Erschlaffung der Schenkelmuskeln wieder in Contact mit Kupfer und Zink kam, und nun neuerdings durch die ausgelöste Zuckung des Schenkels emporgeschnellt dasselbe Spiel abermals wiederholte u. s. f.

Auf diese Weise kann also der stromprüfende Froschschenkel so lange in anhaltende rhythmisch unterbrochene Zuckungen versetzt werden, bis der Nerv, in Folge der Ermüdung des Präparates ungenügend gehoben, in constantem Contact mit Kupfer und Zink bleibt; worauf Ruhe eintritt, weil durch den Strom in beständiger Grösse keine Erregung des Nerven gesetzt wird.

Diese mit dem Du Bois'schen Gesetz der elektrischen Reizung zusammenhängende Erscheinung lässt sich nun vermittelst des Myochronoskops sehr bequem hervorrufen; man braucht nur den an der Sehne des Muskels isolirt befestigten Hebel in die Leitung des „rei-

zenden" Stromes zum Nerven mit einzuschalten. So wie der reizende Strom dann geschlossen wird, hebt der sich zusammenziehende Muskel den Hebel empor; der Strom wird unterbrochen; der Hebel fällt in Folge der Erschlaffung auf die Contaetsehraube zurück und schliesst neuerdings die Leitung des reizenden Stromes; hierauf folgt durch Reizung des Nerven eine abermalige Zuckung und so fort, bis dureh die eintretende Ermüdung keine Hebung des Hebels und keine Unterbrechung des reizenden Stromes mehr zu Stande kommt, worauf dann Ruhe eintritt.

Das Nervmuskel-Präparat verhält sich wie der Elektromagnet des Neef'schen Hammers und zwingt den Hebel je nach der Stärke und Richtung des Stromes und je nach der Reizbarkeit, Zuckungsgrösse und Belastung des Muskels, mehr oder weniger raseh, kürzere oder längere Zeit fortzuhämmern; eine Erscheinung, die einen überraschenden Anblick gewährt, und zu einem ganz anziehenden Collegienversuche über das allgemeine Gesetz der elektrischen Reizung verwerthet werden kann.

Es versteht sich von selbst, dass man diesen Versueh aueh mit Muskeln, deren Nerven nicht in solcher Länge frei präparirt werden können, wie jener anstellen kann. Sehr gut z. B. eignet sich hierzu der von Weber so viel gebrauchte parallelfaserige Zungenmuskel. Ieh steckte zu diesem Ende durch die, im Zusammenhange mit herauspräparirte, Glottis einen kupfernen Haken, der an ein Stativ befestigt wurde, und in die Zunge stiess ich einen zweiten Haken, dessen frei herabhängendes Ende die Oberfläche einer Metallplatte oder eines Quecksilbernäpfchens berührte. Wurde nun das Quecksilbernäpfchen oder die Metallplatte mit dem einen, der kupferne durch die Glottis gesteckte Haken mit dem andern Pole einer Säule in Verbindung gebracht, so zeigte der Zungenmuskel das beschriebene Phänomen des Neef'schen Hammers sehr hübsch.